НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА



С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

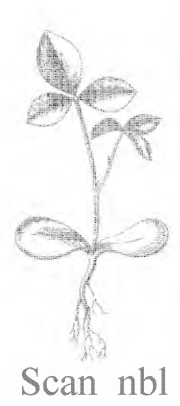
Необыкновенная телеграмма

СВЯЗЬИЗДАТ · 1954

С. Д. Клементьев

Необыкновенная телеграмма

* * *





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО
МОСКВА 1954

СОДЕРЖАНИЕ

ФОТО — НА РАССТОЯНИЕ

Вам необходимо переслать фотокарточку из Москвы в Хабаровск. Нет ничего проще! Конверт с фотокарточкой вы опускаете в почтовый ящик, и через некоторое время он уже мчится в почтовом вагоне поезда Москва — Хабаровск. Ему предстоит долгий путь. Тысячи километров останутся позади, прежде чем поезд прибудет к месту своего назначения. Путешествие письма по железной дороге займёт 9 суток.

Чтобы ускорить пересылку, письмо можно отправить авиапочтой, и самолёт доставит его в Хабаровск за 25—30 часов.

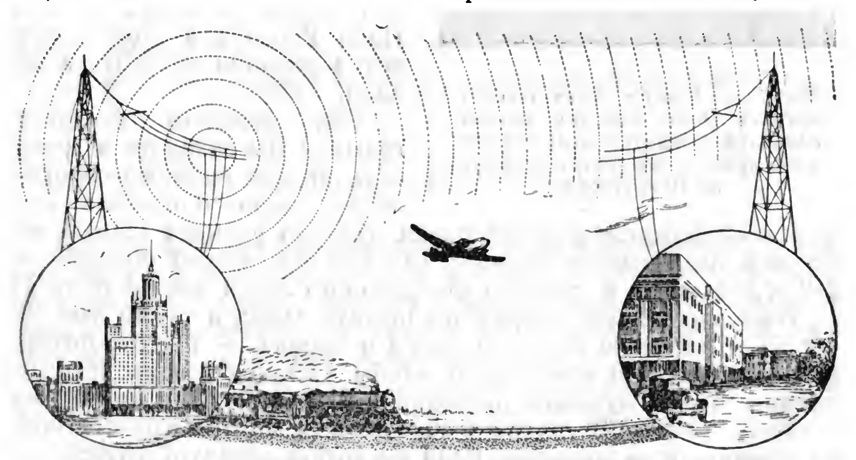


Рис. 1. Поезд доставит письмо с фотокарточкой за 9 дней, самолёт за 25—30 часов, а фототелеграф передаст его за несколько минут

Однако и этот срок можно намного сократить, если воспользоваться услугами одного из замечательных достижений современной техники связи — фототелеграфом. В этом случае вашему письму на дорогу до Хабаровска потребуется всего лишь несколько минут (рис. 1).

Фототелеграфная связь осуществляется между многими городами СССР, имеется и международный фототелеграфный обмен.

По фототелеграфу можно передавать текст писем, рисунки, фотоснимки, чертежи, схемы и т. п., причём передача осуществляется очень быстро и с фотографической точностью.

23 сентября 1953 г. в Нью-Йорке, в концертном зале отеля «Тереса», состоялось вручение Международной Сталинской премии «За укрепление мира между народами» выдающемуся борцу за мир, известному прогрессивному деятелю США Полю Робсону, которому государственный департамент Соединённых Штатов не разрешил выехать за наградой в Москву.



Писатель Говард Фаст (слева) вручает Полю Робсону диплом лауреата и золотую медаль (снимок принят по фототелеграфу из Нью-Йорка)

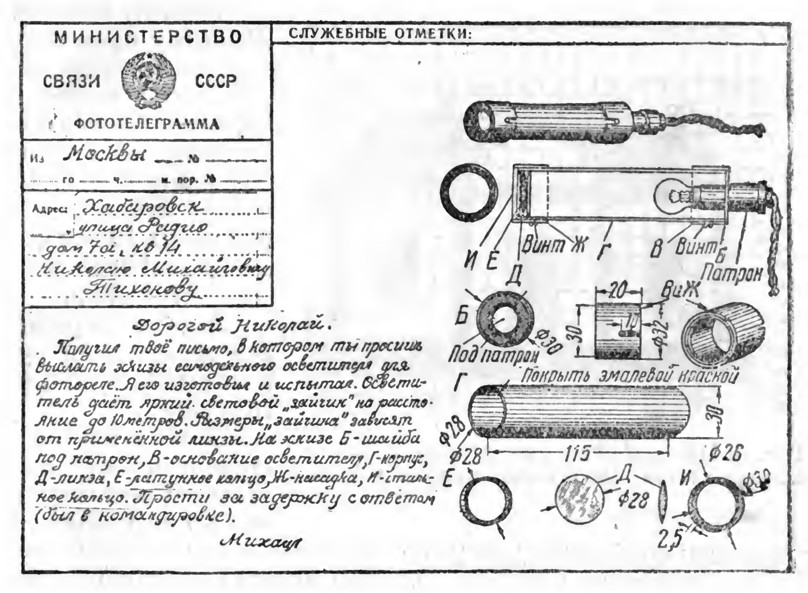
Торжественный момент вручения золотой медали и диплома лауреата был запечатлён на фотоснимке, который передали затем из Нью-Йорка по фототелеграфу. Прошёл день, и трудящиеся Советского Союза увидели на страницах газеты фотографии мужественных борцов за мир Говарда Фаста и Поля Робсона в момент вручения диплома лауреата и медали.

Как передать фототелеграмму? Вы заходите в городское почтово-телеграфное отделение связи и просите специальный фототелеграфный бланк нужного размера (самый маленький бланк имеет размер 219×37,5 *мм*, самый большой — 219×300 *мм*, т. е. порядка стандартного листа писчей бумаги).

На бланке слева, вверху, вы пишите адрес, а также имя, отчество и фамилию адресата, ниже и справа — текст фототелеграммы, при этом желательно, чтобы письмо было написано не очень мелкими буквами, разборчиво и не обычными чернилами, а чёрной тушью. В случае необходимости фототелеграмму можно отпечатать на машинке. Если вы хотите передать фотоснимок или чертёж, то его надо аккуратно наклеить рядом с текстом (рис. 2). Заполненный бланк вы сдаёте кассиру. Пройдёт всего несколько часов, и ваша фототелеграмма будет вручена адресату.

Родиной фототелеграфа является Россия. Ещё в 1907 г. инженер И. А. Адамян сделал ряд изобретений в области передачи неподвижных изображений при помощи электрического тока. В 1920 г. он получил авторское свидетельство на изобретение аппарата для передачи фотографических изображений на расстояние.

Большие заслуги в деле создания фототелеграфа принадлежат советским учёным А. Ф. Шорину, А. А. Чернышеву и П. В. Шмакову.


МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР
ФОТОТЕЛЕГРАММА

СЛУЖЕБНЫЕ ОТМЕТКИ:

Из Москвы ___ № ___
___ го ___ ч. ___ м. пор. № ___

Адрес: Хабаровск
улица Радио
дом 7а, кв 14
Николаю Михайловичу
Тихонову

Дорогой Николай.

Получил твоё письмо, в котором ты просишь выслать эскизы самодельного осветителя для фотореле. Я его изготовил и испытал. Осветитель даёт яркий световой „зайчик" на расстояние до 10 метров. Размеры „зайчика" зависят от применённой линзы. На эскизе Б - шайба под патрон, В - основание осветителя, Г - корпус, Д - линза, Е - латунное кольцо, Ж - насадка, И - стальное кольцо. Прости за задержку с ответом (был в командировке).

Михаил

Рис. 2. Заполненный бланк фототелеграммы (уменьшенный)

БУДЕМ ИЗОБРЕТАТЬ!

Всякое изобретение подготовляется предшествующим развитием науки и техники; иногда оно является завершением труда нескольких поколений. Как полноводная река образуется слиянием многих ручейков, так мысли и работы ряда людей сливаются в общую идею нового изобретения.

Интересно и поучительно проследить, как шаг за шагом идёт подготовка изобретения в настойчивых исканиях, неудачных попытках, пока будет найдено правильное решение.

Изобретение способов передачи звука и текста на расстояние с помощью телефона и телеграфа заставило учёных задуматься над вопросами передачи на расстояние изображений. Над этой задачей в течение десятков лет трудились многие изобретатели, среди которых почётное место занимают наши соотечественники.

Немало ими было предложено остроумных, но несовершенных способов передачи изображений, пока, наконец, не появился фототелеграф, позволяющий передавать чертежи, фотографии, рисунки на большие расстояния.

Одним из первых шагов на пути изобретения явилась попытка использовать уже имеющиеся средства связи. Оказалось, что по телеграфу (или по телефону) возможно передавать описания простейших изображений, например, геометрических фигур.

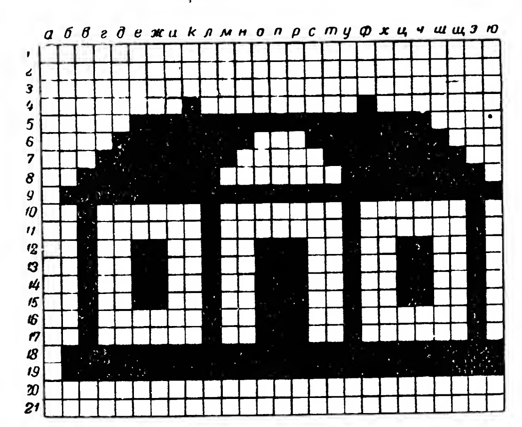


Рис. 3. Изображение, разделённое на клетки, каждая клетка обозначена цифрой и буквой

Адресат, получив телеграмму примерно такого содержания: «Чертёж металлического вала. Вид сбоку — прямоугольник со сторонами 500 *мм* и 20 *мм*. Поперечное сечение — круг радиусом 10 *мм*», может правильно воспроизвести чертёж.

А если чертёж более сложен или нужно передать рисунок, фотографию?

В этом случае восстановить на приёме внешний вид изображения по нескольким разрозненным сообщениям не удастся. Да это и понятно. Ведь в случае передачи текста по телеграфу мы никогда не ограничиваемся сообщением нескольких отдельно взятых слов, а передаём текст по одной букве, причём следуют они друг за другом в определённой последовательности.

А нельзя ли и сложное изображение, подобно тексту, расчленить на более простые элементы и передавать его последовательно, по частям? Попробуем.

Всё изображение разделим на клетки горизонтальными и вертикальными линиями (рис. 3). Клетки обозначим, например, так: вертикальные ряды — буквами, а горизонтальные — цифрами. Тогда каждая клетка получит своё обозначение.

Очевидно, чтобы передать изображение, нужно назвать все клетки, заполненные рисунком, примерно так:

«Клетки 4к, 4ф, 5е, 5ж ....».

Оператор, ведущий приём телеграммы, закрашивая соответствующие клетки на предварительно заготовленной сетке, получит подобие переданного рисунка.

Качество такого способа передачи в первую очередь зависит от размера клеток или, как говорят, элементов разложения, на которые разделено изображение. Чем они мельче, тем принятое изображение более похоже на оригинал. На рис. 3 показаны очень крупные элементы разложения; вследствие этого, например, наклонная часть крыши получилась в виде крупных ступенек. Если сетку на этом рисунке сделать мельче, то изображение полу-

чится гораздо лучше (ступеньки будут мелкие, едва заметные); правда, при этом возрастёт время, потребное для передачи рисунка.

Однако увеличение числа элементов разложения все-таки не даёт высококачественного изображения на приёме: оно получается чёрно-белым, отличающимся от оригинала отсутствием оттенков и переходных тонов.

Попробуем улучшить качество передачи, увеличив число передаваемых оттенков. К чёрному и белому цветам добавим ещё светлосерый, серый и тёмносерый оттенки. Чтобы это не увеличило времени передачи, условимся заранее об определённом порядке закрашивания клеток. Пусть принимающий телеграфист закрашивает клетки каждого горизонтального ряда (начиная с верхнего) слева направо. Тогда не придётся передавать по телеграфу нумерацию клеток, а достаточно лишь сообщать оттенок цвета каждой клетки по порядку. Телеграмма в этом случае получится примерно такого содержания: «Белый, серый, тёмносерый, чёрный, белый, светлосерый, белый, белый» и т. д. Принятое изображение при таком способе передачи будет больше походить на оригинал, нежели чёрно-белое.

Однако передающий, а тем более принимающий телеграфист не сможет обеспечить достаточной скорости передачи и приёма изображения. Например, для передачи изображения размером в почтовую открытку без больших искажений его нужно «разложить» приблизительно на 15 тысяч клеточек. Сколько же времени понадобится телеграфисту на приём? Предположим, что, работая без устали, он успевает закрашивать по одной клетке в секунду. Тогда на приём изображения уйдёт более 4 часов. Единственный путь для ускорения процессов передачи и приёма изображений — замена телеграфистов на передающем и на приёмном пунктах быстродействующими автоматическими аппаратами.

Устройство передающего аппарата должно быть таким, чтобы от всех элементов передаваемого изображения по очереди и в определённом порядке можно было посылать последовательные сигналы, зависящие от оттенков отдельных элементов. На приёмном пункте эти сигналы надо как-то преобразовать в изображение с соответствующими оттенками элементов.

Следовательно, для передающего аппарата необходим прибор, который бы различал оттенки элементов изображения и преобразовывал их в последовательные сигналы.

Такой прибор существует. Это фотоэлемент или, как его иногда образно называют, «электрический глаз».

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЛАЗ»

Тайна загадочной связи между светом и электричеством была раскрыта в 1888 г. русским учёным Александром Григорьевичем Столетовым.

Представьте, что вы присутствуете при опыте Столетова. На его лабораторном столе стоит большая стеклянная банка, в горлышко которой сквозь пробку вставлен латунный стержень. Внутри банки на нижнем конце стержня прикреплены два тончайших металлических лепестка. На верхний конец стержня насажен отполированный до блеска небольшой цинковый диск.

Александр Григорьевич Столетов

Это электроскоп (рис. 4), отмечающий наличие электрического заряда на диске. Пока цинковый диск не заряжен, лепестки электроскопа сомкнуты. Но вот Столетов направляет на диск свет электрической дуги [1]). Лепестки моментально расходятся, показывая, что на диске появился электрический заряд. Произошло удивительное явление: свет породил электричество!

Пытливый учёный стремился глубже познать тайны природы.

Прежде всего необходимо было определить вид электрического заряда, появляющегося на цинковом диске: положительный он или отрицательный.

Сначала Столетов сообщил диску положительный заряд. Лепестки электроскопа при этом немного разошлись. Потом Столетов направил на диск свет электрической дуги. Под действием света лепестки разошлись ещё больше.

«Значит, свет увеличил положительный заряд, — подумал Столетов, — а это могло произойти лишь в том случае, если из металла ушла часть его отрицательных зарядов». Чтобы окончательно убедиться в правильности такого объяснения, Столетов проделал другой опыт. На этот раз диску был сообщён отрицательный заряд. Лепестки электроскопа при этом немедленно разошлись, но под влиянием света дуги сошлись снова. Значит, отрицательных зарядов на диске стало меньше. Часть из них «ушла» с него под действием света.

«Итак, свет «выбивает» из металла отрицательные заряды», —сделал заключение Столетов. Куда же они деваются? Очевид-

[1]) Впервые электрическую дугу получил в 1802 г. известный русский физик В. В. Петров. Лишь спустя 10 лет англичанин Дэви наблюдал электрическую дугу, которую впоследствии несправедливо назвали «вольтовой» дугой.

но, в воздух, окружающий цинковый диск! Столетов решил проверить это предположение и поймать исчезнувшие с диска заряды.

«Раз заряды отрицательные,— рассуждал он,— то они должны притягиваться к положительно заряженному металлу».

Исходя из этого соображения, Столетов поместил перед цинковым диском металлическую сетку с довольно крупными ячейками (рис. 5) и присоединил её к положительному полюсу электрической батареи, отрицательный же полюс он соединил через гальванометр [1]) с диском. Электрическая цепь была разомкнута воздушным промежутком между диском и сеткой, поэтому тока в цепи не было и стрелка гальванометра стояла на нуле. Но вот Столетов направил свет электрической дуги на диск, и сразу же, как только лучи света, пройдя сквозь сетку, попали на диск, гальванометр показал наличие электрического тока. Значит, отрицательные заряды вылетели из диска и устремились через воздушный промежуток к положительно заряженной сетке. От сетки по проводу через батарею и гальванометр они возврати-



Рис. 4. Электроскоп

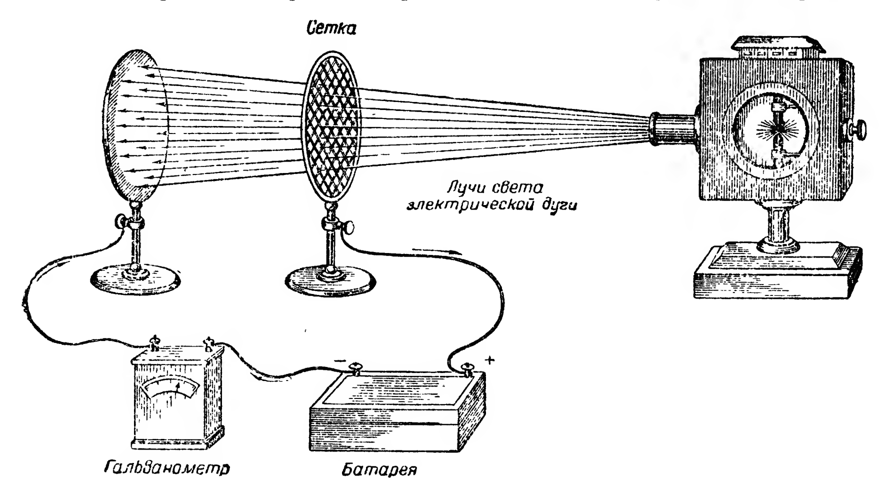


Рис. 5. При освещении диска из него вылетают отрицательные заряды, которые притягиваются к положительно заряженной сетке. Гальванометр показывает наличие тока в цепи

лись к диску. Таким образом, в разомкнутой воздушным промежутком электрической цепи проходил ток. Когда же Столетов

---

[1]) Гальванометр — чувствительный прибор, измеряющий электрический ток.

присоединял диск к положительному полюсу, а сетку — к отрицательному, ток в цепи не появлялся даже при самом сильном освещении. Это и понятно, так как выбиваемые светом отрицательные заряды отталкивались одноимённо заряженной сеткой и «летели» обратно к диску.

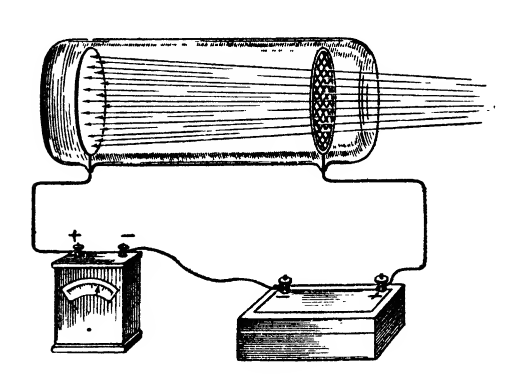


Рис. 6. Схема включения фотоэлемента, созданного Столетовым. Диск и сетка помещены в стеклянный баллон, из которого выкачан воздух

Упорно и настойчиво изучал Столетов открытое им интересное явление, которое назвал актиноэлектрическим действием [1]. Для своих опытов Столетов пользовался не только цинковыми пластинками. Он исследовал воздействие света на самые различные металлы: никель, медь и др.

В последующих опытах Столетов помещал пластинку и сетку в стеклянный баллон, из которого насосом выкачивал воздух (рис. 6). Воздух выкачивался потому, что в разреженном пространстве перелёт электрических зарядов от пластинки к сетке происходит гораздо легче, электрические заряды почти не сталкиваются с частицами воздуха и поэтому ток, получаемый от воздействия света на металл, возрастает.

Дальнейшие исследования Столетов производил именно с этим прибором.

На основе многочисленных чрезвычайно остроумных и продуманных до мельчайших подробностей опытов Столетов установил закон, носящий теперь его имя. Закон Столетова гласит, что число электрических зарядов, вылетающих из освещаемой пластинки, прямо пропорционально интенсивности света, падающего на пластинку. Следовательно, и ток, протекащий в цепи, также пропорционален силе света.

На использовании этого весьма важного закона основано устройство многих приборов, в том числе и фотоэлемента фототелеграфного аппарата.

Явление, исследованное Столетовым, стали называть фотоэффектом [2], а ток, создаваемый выбиваемыми светом зарядами,— фототоком. Столетов не только изучил явление фотоэффекта и его основные закономерности, но и создал первый в мире фотоэлемент — прибор, преобразующий свет в электричество.

---

[1]) Актис (греч.) — луч.
[2]) Фотос (греч.) — свет.

СУЩНОСТЬ ФОТОЭФФЕКТА

Все тела в природе состоят из мельчайших, невидимых простым глазом частиц—молекул, а молекулы—из ещё более мелких частиц—атомов. Строение атома, как и молекулы, очень сложное: в центре находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по замкнутым орбитам с огромной скоростью перемещаются отрицательно заряженные частицы—электроны.

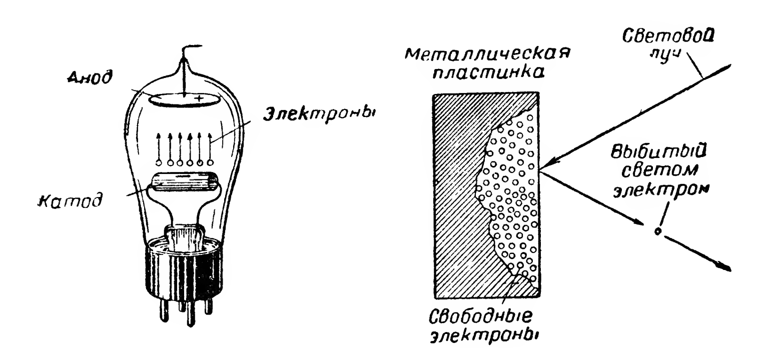


Рис. 7. Нагревание металлического предмета или воздействие на него световой энергии вызывает излучение электронов

Отрицательный заряд электронов атома равен положительному заряду его ядра. Атом же в целом не обладает в обычных условиях электрическим зарядом, так как его положительные и отрицательные заряды нейтрализуют друг друга.

Электроны прочно удерживаются в атоме за счёт взаимодействия двух противоположно направленных сил—электрического притяжения электронов к ядру и центробежной силы. Но под влиянием внешних воздействий отдельные электроны могут быть освобождены из «плена» атома.

Энергия, необходимая для освобождения электрона, может быть получена из различных источников. Электрон, например, может быть выбит из атома при столкновении его с другим атомом или с электроном. Нагревание металла также вызывает излучение электронов. Нить накала электрической лампы, раскалённый гвоздь, нагретая полоска жести — всё это источники электронов. Свойство металлов излучать электроны при нагревании используется в радиолампах (рис. 7).

Сущность явления, открытого Столетовым, заключается в том, что энергия лучей света, падающего на металлическую пластинку, вызывает «освобождение» электронов. Чем больше интенсивность света, тем большее число электронов освобождается из атома металла.

СОВРЕМЕННЫЕ ФОТОЭЛЕМЕНТЫ

Принцип устройства применяемых фотоэлементов для фототелеграфной связи тот же, что и первого прибора, изготовленного в лаборатории Столетова: в стеклянной колбочке помещены два электрода, один из которых под воздействием света испускает электроны (катод), а другой их собирает (анод).

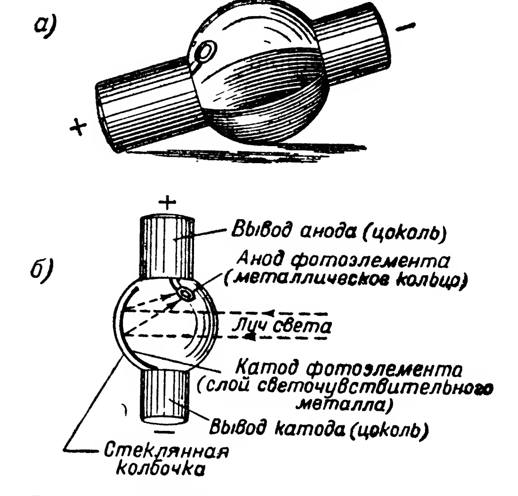


Рис. 8. Современный фотоэлемент, применяемый для фототелеграфной связи: *а*) общий вид, *б*) устройство

Однако по конструкции современный фотоэлемент (рис. 8) не похож на фотоэлемент, впервые изготовленный А. Г. Столетовым. Массивный, в виде диска, катод заменён тончайшей металлической плёнкой, нанесённой на внутреннюю стенку стеклянной колбочки. Нет сетчатого анода: теперь он сделан в виде небольшого металлического колечка.

Свет проникает в фотоэлемент через «окошечко», т. е. через ту часть колбочки, которая не покрыта светочувствительным металлом.

Воздух из стеклянной колбочки фотоэлемента удалён.

Электроны, вылетевшие под воздействием света из светочувствительного слоя катода, притягиваются к положительно заряженному колечку—аноду, образуя в замкнутой цепи электрический ток.

Фототок в зависимости от изменения интенсивности света изменяется практически мгновенно. Эта особенность отличает вакуумные фотоэлементы от газонаполненных, т. е. от таких фотоэлементов, колбочки которых содержат некоторое, весьма небольшое, количество инертного газа: оргона, неона, ксенона и т. д. Инертный газ интересен тем, что он не вступает в химическое соединение с материалом, из которого изготовлен светочувствительный слой.

В колбочке фотоэлемента, наполненной газом, происходят вторичные так называемые ионные процессы, в результате которых фототок значительно увеличивается. Поэтому ток газонаполненных фотоэлементов при прочих равных условиях всегда больше, чем вакуумных. Однако это увеличение тока достигается дорогой

ценой: в газонаполненных фотоэлементах нарушается прямая пропорциональность между током фотоэлемента и вызвавшим его световым потоком. Вследствие этого в тех случаях, когда важно сохранить такую пропорциональность, используют не газонаполненные, а вакуумные фотоэлементы.

В фототелеграфных аппаратах применяются, главным образом, сурьмяно-цезиевые вакуумные фотоэлементы, у которых светочувствительный слой представляет собой соединение сурьмы с цезием. По сравнению с другими типами вакуумных фотоэлементов они обладают более высокой чувствительностью и большим сроком службы.

ФОТОЭЛЕМЕНТ «ЧИТАЕТ» ИЗОБРАЖЕНИЕ

Если последовательно освещать маленькие участки (элементы) изображения, то отражать свет они будут не все одинаково. Степень отражения света от отдельных элементов зависит от их оттенков. Отражённый свет с помощью специальных оптических приспособлений направляют на фотоэлемент. Величина возникающего в фотоэлементе фототока зависит от интенсивности падающего на него отражённого света.

Таким образом, фотоэлемент можно использовать при передаче изображений в качестве прибора, различающего оттенки элементов изображения и преобразующего их в электрические сигналы.

Теперь подумаем над тем, каким образом можно последовательно осветить эти небольшие участки изображения.

Очевидно для этого нужно, чтобы по изображению передвигалось маленькое световое пятно. Такое пятно можно создать при помощи двояковыпуклой линзы.

Поместим достаточно яркую электрическую лампу внутрь трубки. Открытый конец этой трубки закроем донышком с небольшим отверстием — диафрагмой, пропускающим только узкий луч света. На его пути установим двояковыпуклую линзу.

Такой осветитель расположим так, чтобы расстояние от его линзы до изображения равнялось фокусному расстоянию линзы. Тогда на поверхности изображения получится яркая светящаяся точка — световое пятно. Чтобы световое пятно «скользило» последовательно по всем элементам изображения, можно соорудить специальный механизм, который передвигал бы определённым образом осветитель. Однако такой механизм был бы очень сложным и малоудобным.

Можно сделать гораздо проще. Посмотрите на рис. 9. Лист бумаги с изображением навёрнут на цилиндр (барабан). Края

бумаги прижаты к барабану плоской пружиной. Осветительное устройство закреплено относительно барабана в таком положении, что световое пятно в начальный момент освещает верхний

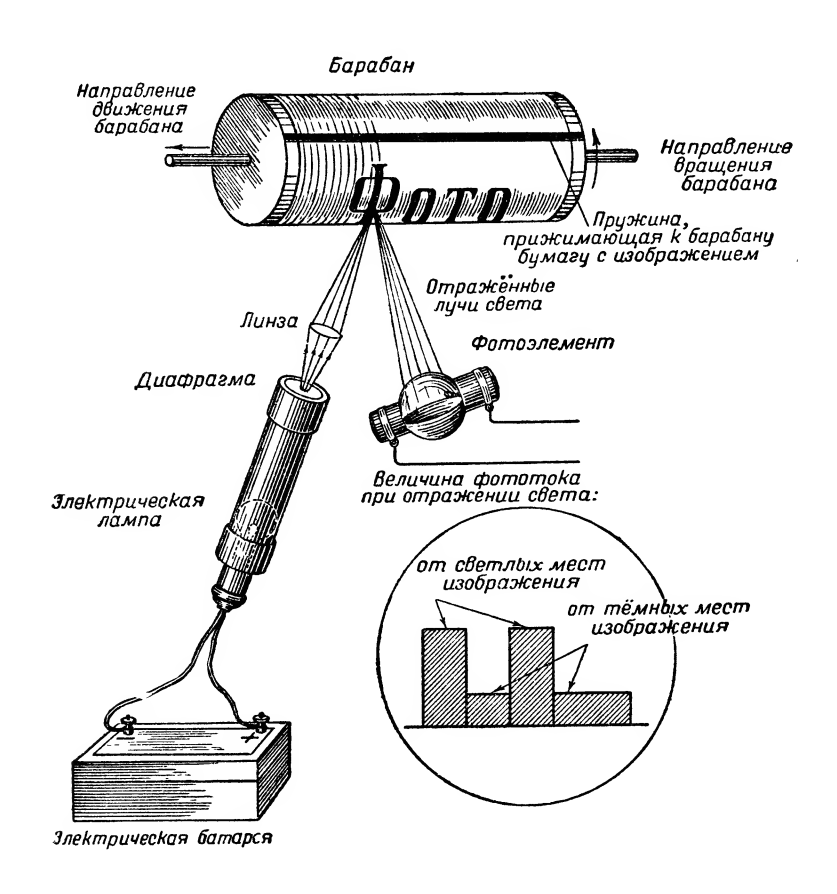


Рис. 9. Фотоэлемент „читает“ изображение

левый угол рисунка. При помощи небольшого электродвигателя барабан вращается так, что после каждого оборота он смещается влево на ширину светового пятна. При первом обороте световое пятно будет скользить по левому краю рисунка, при втором — барабан сдвинется влево на ширину светового пятна и оно опишет уже соседнюю полоску изображения.

Постепенно всё изображение будет «развёрнуто», т. е. освещено последовательно по маленьким участкам (элементам изображения).

Можно поступательное перемещение барабана сделать не скачкообразным (через каждый оборот), а плавным. Тогда световое пятно будет «прочерчивать» изображение на цилиндре по спирали.

Существуют и другие способы развёртки. Так, например, винтовая развёртка изображения получится и в том случае, если цилиндрический барабан вращается, не имея при этом поступательного движения вдоль своей оси, а перемещается само осветительное устройство вместе с фотоэлементом. При этом фотоэлемент располагается так, чтобы на его светочувствительный слой попадали лучи света, отражённые от изображения.

Включим лампу осветительного устройства и приведём в действие механизм, вращающий цилиндрический барабан и передвигающий осветитель и фотоэлемент. Световое пятно будет «скользить» по барабану, освещая навёрнутую на нём бумагу с изображением — участок за участком. От каждого элемента изображения будет отражаться различное количество света, в зависимости от оттенка освещаемого участка.

Светлые точки изображения отразят падающий на них свет почти целиком. При падении же луча на тёмный участок большая часть света поглотится, и интенсивность отражённого света будет меньше.

Попадая на катод фотоэлемента, отражённые лучи вызывают появление в цепи фотоэлемента фототока, который то увеличивается, то уменьшается соответственно интенсивности света.

Таким образом, фотоэлемент как бы прочитает изображение. Но пока он прочитывает его лишь «про себя».

Нам необходимо заставить фотоэлемент «читать вслух» — посылать электрические сигналы в принимающий прибор. Однако, прежде чем «послать» фототок, образующийся в фотоэлементе под действием отражённых от изображения лучей света, его необходимо усилить.

КАК УСИЛИТЬ ФОТОТОК?

Ток фотоэлемента даже при достаточно ярком освещении катода весьма мал: порядка нескольких миллионных долей ампера [1]. Для сравнения достаточно сказать, что электролампочка от карманного фонаря требует для своего свечения ток величиной 0,25 *а*, т. е. в несколько десятков тысяч раз больший, чем даёт фотоэлемент.

Ничтожный ток фотоэлемента без усиления используют лишь в редких случаях при специальных лабораторных исследованиях

---

[1]) Ампер — единица измерения тока, вольт — единица измерения напряжения.

и точных световых измерениях. Для фототелеграфии фототок необходимо усиливать при помощи так называемого электронного усилителя.

Основной частью усилителя является электронная лампа — радиолампа (рис. 10). По конструкции она представляет собой стеклянный (или металлический) баллон, из которого выкачан воздух. Внутри помещены три электрода: тонкая проволочка, называемая катодом, поблизости от неё пластинка (анод), а между ними металлическая сетка. Электроды не соприкасаются между собой; от каждого из них через стекло баллона выведен проводничок наружу. В современных радиолампах сетка обвивает катод спиралью; поверх сетки помещён анод, выполненный в виде металлической коробки.

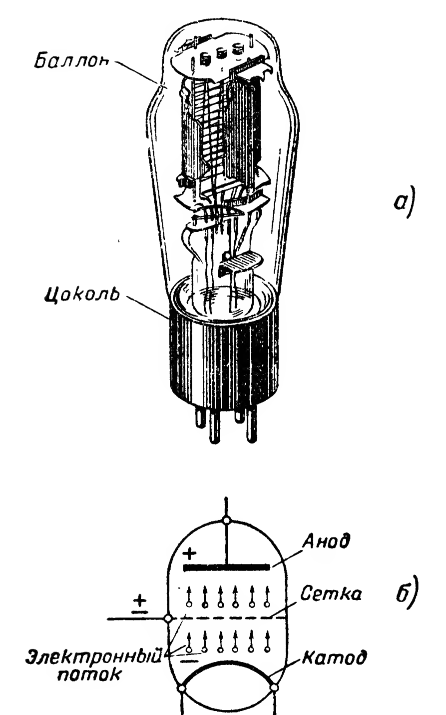


Рис. 10. Трёхэлектродная радиолампа: *а*) внешний вид, *б*) схема устройства

Как же работает эта лампа в схемах усиления фототоков? Катод радиолампы присоединён к электрической батарее, (батарее накала) и накаливается током. Благодаря сильному нагреванию вылетают мельчайшие частицы отрицательного электричества — электроны, которые, как рой мошек, мечутся из стороны в сторону вблизи нити, совершая беспорядочные движения. Чтобы упорядочить движение электронов, придать ему организованный характер и использовать, таким образом, энергию электронного потока, катод лампы присоединяют к отрицательному полюсу электрической батареи довольно высокого напряжения (анодной батареи), а анод — к положительному полюсу той же батареи. Тогда положительный анод начинает притягивать электроны, внутри лампы устанавливается направленное движение их от катода к аноду и по цепи идёт электрический ток, называемый анодным.

Сетка служит для регулирования величины анодного тока. Если от специальной батареи на сетку подать напряжение (смещение), она станет оказывать влияние на величину анодного тока. Каждому значению величины напряжения на сетке будет соответствовать вполне определённая величина анодного тока.

Работу лампы можно наглядно представить с помощью кривой, называемой характеристикой. Для снятия характеристики лампа включается по схеме, изображённой на рис. 11. Назначение накальной и анодной батарей, а также включение их в схему было пояснено раньше. Отрицательный полюс третьей, изобра-

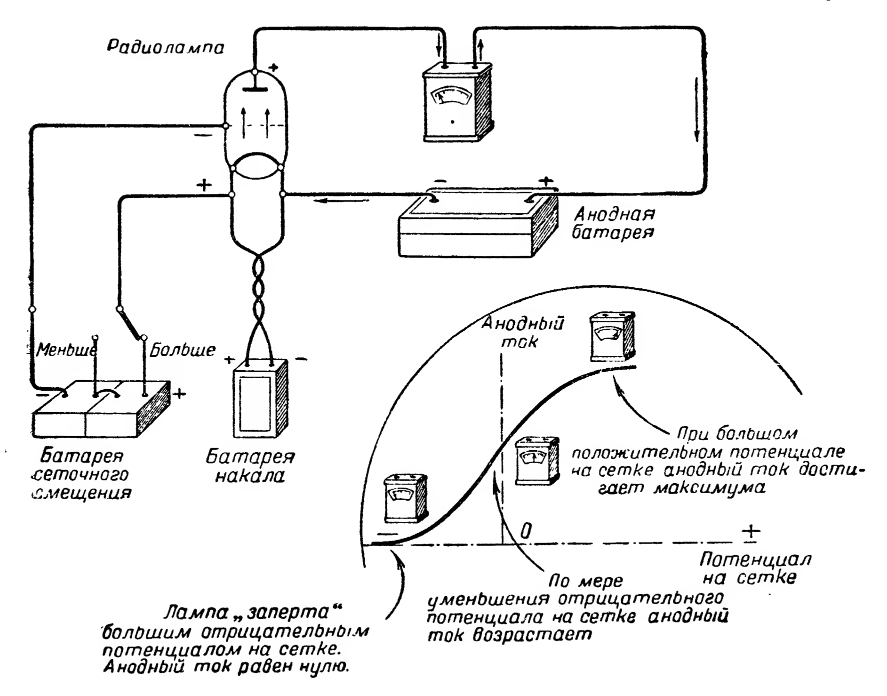


Рис. 11. Схема включения и характеристика трёхэлектродной радиолампы

жённой на схеме электрической батареи, носящей название батареи смещения, приключают к сетке, а её положительный полюс— к катоду.

В анодную цепь лампы включают измерительный прибор (миллиамперметр), который показывает как меняется анодный ток в зависимости от изменения напряжения на сетке. Из рисунка видно, что анодный ток ничтожен, если к сетке лампы присоединён минус батареи смещения. Это объясняется тем, что большая часть испускаемых катодом электронов отталкивается отрицательно заряженной сеткой. Чем выше напряжение сеточной батареи, тем большее количество электронов отталкивает сетка и тем меньше анодный ток. В таких случаях говорят, что сетка лампы находится под большим отрицательным потенциалом.

Постепенное увеличение отрицательного потенциала на сетке величину анодного тока доводит до нуля. Радиолампа, как говорят, оказывается «запертой». «Отпереть» радиолампу можно,

уменьшив отрицательное напряжение на её сетке. Тогда в анодной цепи лампы вновь появится ток.

При положительном потенциале на сетке, как это видно из характеристики радиолампы, анодный ток ещё более увеличивается, достигая максимального значения.

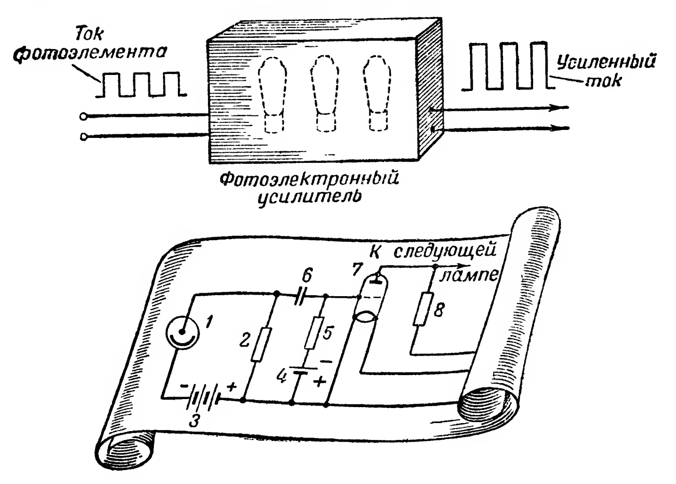


Рис. 12. Трёхламповый фотоэлектронный усилитель. На схеме условно показана одна ступень усилителя: *1* — фотоэлемент, *2* — сопротивление нагрузки фотоэлемента, *3* — батарея фотоэлемента, *4* — батарея сетки лампы, *5* — сопротивление в цепи сетки лампы, *6* — конденсатор, *7* — радиолампа (триод), *8* — сопротивление анодной нагрузки

Возможность в больших пределах регулировать анодный ток радиолампы путём небольшого изменения напряжения на сетке позволяет использовать её для усиления токов фотоэлемента.

Фотоэлемент *1* подключают к батарее *3* через высокоомное[1] сопротивление *2*, называемое сопротивлением нагрузки (рис. 12), которое играет в схеме усиления фототоков очень важную роль: фототок, проходя по сопротивлению, создаёт на нём падение напряжения, равное произведению тока на величину этого сопротивления.

При изменениях интенсивности света меняется фототок, а следовательно, изменяется и величина падения напряжения на сопротивлении нагрузки. От этого меняется напряжение на сетке радиолампы, а вместе с ним и анодный ток.

Таким образом, каждое, даже самое незначительное, увеличение или уменьшение фототока вызывает изменение анодного тока электронной лампы.

---

[1]) Ом — единица измерения сопротивления проводника электрическому току.

Однако усиление фототока, достигаемое при помощи одной радиолампы, недостаточно. Поэтому усилители делают многоламповыми. Напряжение с выхода первой лампы подаётся на сетку следующей, со второй лампы на сетку третьей и т. д. Такие многоламповые или, как их называют, многоступенные усилители позволяют осуществлять усиление электрических сигналов в десятки и даже сотни тысяч раз.

СВЕТОВОЙ «КАРАНДАШ»

Как же электрический ток, создаваемый в цепи «читающего» фотоэлемента, снова преобразовать в изображение на приёмном пункте?

Принципиально это осуществляется следующим образом. Ток от фотоэлектронного усилителя посылается по линии связи в приёмное устройство, в котором снова усиливается усилителем и поступает в специальную газосветную электрическую лампу.

Что же такое газосветная лампа?

На улицах Москвы и других городов часто можно видеть рекламные надписи из светящихся разноцветными огнями стеклянных трубок. Так, например, перед входом на станцию метро сияет красным светом огромная буква «М». Это — изогнутая в форме «М» стеклянная трубка, наполненная газом—неоном. К ней подведены провода от источника тока высокого напряжения. Когда включается ток, газ в трубке начинает светиться.

Газосветные лампы обладают замечательной особенностью. Они практически безинерционны. Это означает, что при включении тока газосветная лампа мгновенно вспыхивает, а при выключении так же мгновенно погасает.

Для фототелеграфии как раз и нужен такой источник света, который бы мгновенно реагировал на изменения фототока.

В обычной (не газосветной) лампе при быстрых изменениях электрического тока яркость накала нити почти не изменяется, потому что нить её не успевает остывать за промежуток времени между уменьшением и увеличением тока.

Газосветная лампа, применяемая в фототелеграфии, представляет собой стеклянную колбочку, наполненную инертным газом под давлением всего в несколько миллиметров ртутного столба. Электрический разряд, вызывающий свечение, происходит между двумя металлическими электродами, заключёнными в стеклянную колбочку.

Для возникновения электрического разряда в газе необходимо наличие электрически заряженных частиц. В газе всегда имеется некоторое количество свободных электронов и положительно заряженных частиц — ионов.

Если на электроды лампы подано напряжение, то положительные ионы устремляются к отрицательному электроду, а электроны — к положительному.

Ионы, ударяясь об отрицательный электрод, выбивают из него электроны, которые направляются к положительно заряженному электроду. По пути эти электроны сталкиваются с атомами газа и ионизируют их, т. е. расщепляют атомы на электроны и положительные ионы. Таким образом, через лампу идёт электрический ток, и лампа зажигается. Мы говорим «зажигается», так как при возникновении разряда газ в лампе начинает светиться. Отчего это происходит?

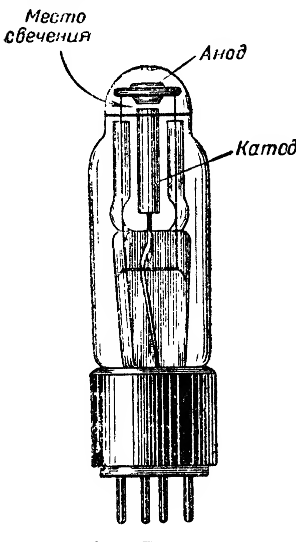


Рис. 13. Газосветная лампа, применяемая в фототелеграфии

Часть электронов движется со скоростью, недостаточной для ионизации атома газа при столкновении. В этом случае происходит «возбуждение» атома. Электрон атома, получив дополнительную энергию при столкновении, начинает вращаться на большем расстоянии от ядра. Но он недолго пребывает на новой орбите и возвращается на старую орбиту, где энергия его меньше, чем на новой.

Избыток энергии атома в этом случае излучается в виде света. Атомы неона излучают красный свет, аргона — сиреневый, гелия — синий, а атомы паров ртути — голубовато-зелёный. Именно поэтому рекламные газосветные трубки и дают цветное свечение.

Конструкция фототелеграфной газосветной лампы, наполненной смесью инертных газов, показана на рис. 13.

Катод (отрицательный электрод) этой лампы представляет собой металлический цилиндрик, на который надета стеклянная трубка. Открыт только верхний торец цилиндра — катода. Против торца на небольшом расстоянии расположен анод в виде диска с круглым отверстием посредине. Анод располагают так, чтобы отверстие приходилось точно против торца.

При некотором напряжении на электродах лампы между торцом катода и анода возникает газовый разряд. В отверстие анода становится видно маленькое светящееся пятно.

При увеличении или уменьшении напряжения яркость свечения лампы соответственно увеличивается или уменьшается. При этом яркость меняется мгновенно при малейшем изменении напряжения.

Так как величина напряжения, подаваемого на электроды газосветной лампы, зависит от фототока, а величина фототока определяется оттенками элементов разложения, то и сила света этой лампы изменяется в зависимости от оттенков элементов разложения. Так, когда луч осветителя проходит по светлому участку изображения к фотоэлементу. отражается много света

и фототок велик. Свет же, отражённый от тёмного участка, вызывает малый фототок.

Значит, через лампу приёмного устройства проходит тем больший ток, чем светлее элемент передаваемого изображения. При светлом элементе лампочка горит ярко, при тёмном тускло.

Теперь необходимо изменения яркости света лампы опять преобразовать в элементы изображения в соответствии с переданным оригиналом, а потом «сложить» эти элементы в целостное изображение.

Такое превращение вполне возможно, если воспользоваться некоторыми свойствами фотографии. При освещении фотопластинки в её светочувствительном слое происходят изменения, вызывающие потемнение его, что обнаруживается после проявления. Эти изменения пропорциональны интенсивности света, падающего на пластинку.

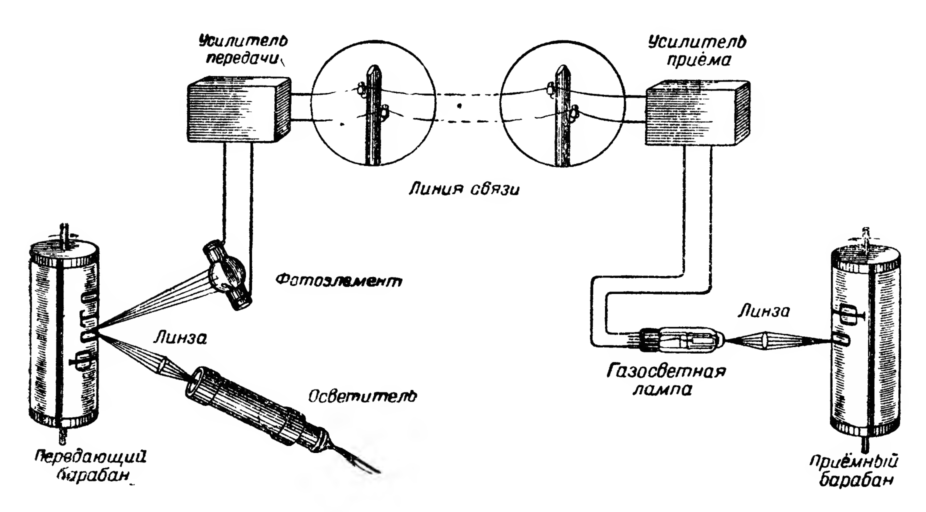


Рис. 14. Схема передачи и фотографического приёма изображений на расстояние

Лучи света, отражаясь от фотографируемого предмета, падают на фотопластинку. От светлых мест предмета отражается больше света, и в светочувствительном слое происходят сильные изменения. От тёмных мест отражается меньше света, и в результате — слабые изменения.

Проявляя пластинку, мы получаем негатив. Светлые места предмета выходят тёмными, а тёмные — светлыми. Чтобы получить правильное (позитивное) изображение, нужно негатив отпечатать на фотобумаге, пропустив свет сквозь негатив, а затем проявить полученный отпечаток.

На рис. 14 приведена простейшая схема передачи и фотографического приёма изображения на расстояние. В приёмном

пункте помещён цилиндрический барабан, точно такой же, как и передающий, только вместо изображения на него навёрнут лист фотобумаги[1]). Около барабана находится газосветная лампа, питаемая усиленным током фотоэлемента, приходящим с передающего пункта.

При вращении барабана световое пятно от газосветной лампы скользит по фотобумаге и на фотобумаге последовательно, элемент за элементом, фотографируется передаваемое изображение

Описанный метод приёма изображения называют фотографическим. Существуют и другие методы. Так, например, при электротермическом методе применяют специальную бумагу, проводящую электрический ток. Приготовлена она из бумажной массы, смешанной с сажей. С одной стороны листа нанесён тонкий слой алюминия, с другой — тонкий слой белой краски, не проводящий электрический ток. Лист такой трёхслойной бумаги накладывается на приёмный барабан слоем белой краски наружу. Один из проводов, отходящих от усилителя, присоединяют к корпусу барабана, другой — к игле, заострённый конец которой касается слоя краски. При вращении барабана конец иглы скользит по краске, описывая винтовую линию.

Мы уже знаем, что когда фотоэлемент читает изображение, в цепи его протекает изменяющийся ток. Усилитель может превратить этот фототок в ток высокого напряжения. Оно создаётся между концом иглы и проводящим слоем бумаги. Происходит искровой пробой непроводящего слоя краски. В месте пробоя бумага нагревается, слой краски выгорает, обнажая чёрную основу бумаги. Чем больше ток, тем больше выгорает белая краска, тем, следовательно, чернее получается пятно.

При другом, электрохимическом, методе приёма изображения применяют бумагу, пропитанную составом, который в месте прохождения тока сообщает бумаге ту или иную окраску, причём яркость окраски тем больше, чем больше проходящий ток. Применяя приблизительно такое же приёмное устройство, как и при электротермическом методе, можно получать довольно сносное изображение.

Наиболее совершенный из описанных методов—фотографический, так как он даёт лучшее качество изображения и позволяет вести запись с достаточно большой скоростью.

Поэтому в дальнейшем мы будем говорить только о фотографическом способе воспроизведения изображения.

Мы рассмотрели принципиальную схему фототелеграфной передачи изображений. Однако для практического её применения нужен ряд существенных дополнений.

---

[1]) На всех рисунках, отображающих процесс приёма, на фотобумаге условно показаны части принятых изображений. На самом деле в фототелеграфном аппарате приёмный барабан закрыт специальным кожухом, предохраняющим фотобумагу от засвечивания посторонним светом, а изображение на фотобумаге становится видимым только после её проявления.

Во-первых, необходимо предусмотреть устройство, обеспечивающее одинаковую скорость вращения передающего и приёмного барабанов.

Во-вторых, необходимо обеспечить одновременность начала и конца передачи на обоих пунктах.

В третьих, желательно получить в приёмном пункте не негативный, а сразу позитивный фотоснимок, т. е. полностью соответствующий переданному изображению.

Посмотрим, как всё это осуществляется практически.

НА РАВНЫХ СКОРОСТЯХ

Для осуществления точной передачи изображения необходимо, чтобы передающий и приёмный барабаны вращались с одинаковой скоростью, т. е. синхронно. Если же, например, приёмный барабан вращается медленнее, чем передающий, то элементы изображения на фотобумаге «налезают» друг на друга.

Искажение получается и в том случае, если передающий барабан вращается медленнее, чем приёмный. В этом случае на фотобумаге получается растягивание элементов принимаемого изображения.

Какое же устройство необходимо для обеспечения вращения барабанов с одинаковой скоростью?

Вращение барабанов производится при помощи электродвигателей небольшой мощности. Наиболее удобным для фототелеграфии оказался синхронный электродвигатель, отличающийся тем, что скорость вращения его (число оборотов в минуту) зависит только от частоты питающего его переменного тока.

Добиться одинаковой скорости вращения синхронных электродвигателей на передающем и приёмном пунктах можно двумя способами: 1) питать двигатели передающего и приёмного устройства от одного источника переменного тока (например, из передающего пункта); 2) питать двигатели на пунктах от отдельных источников переменного тока, имеющих строго одинаковую частоту [1]). Второй способ — автономной синхронизации — оказался технически более простым. Двигатели питают от так называемых камертонных генераторов.

На первый взгляд кажется странным, какое отношение может иметь камертон, с помощью которого настраивают музыкальные инструменты, к генераторам, вырабатывающим переменный ток и питающим двигатели фототелеграфных аппаратов?

---

[1]) Кроме этих двух способов синхронизации, существует и третий, основанный на посылке в линию связи специальных синхронизирующих импульсов. В фототелеграфии этот способ не применяется ввиду сложности и ряда присущих ему недостатков.

Камертон обладает, как известно, замечательной особенностью — издавать музыкальный звук одного определённого тона; на высоту звука не влияет ни сила ударов по камертону, ни их количество. Высота звука зависит только от размеров самого камертона. Чем меньше размеры камертона, тем более высоким получается издаваемый им звук (камертон колеблется с большой частотой).

Итак, для камертона определённого размера характерна строго постоянная частота колебаний. После удара по камертону с течением времени сила звука, зависящая от размаха (амплитуды) колебаний камертона, постепенно уменьшается, но его частота остаётся неизменной.

Вот это-то интересное свойство камертона и используется для создания электрических токов строго постоянной частоты.

Как же устроен камертонный генератор? На рис. 15 показана упрощённая схема камертонного генератора.

Между электромагнитами, состоящими из стальных сердечников с надетыми на них катушками из изолированного медного провода, помещён камертон. Электромагниты камертона питаются током от особого аппарата — электронного генератора.

При включении электронного генератора по обмоткам электромагнитов проходит импульс тока. Сердечники электромагнитов намагничиваются и притягивают на мгновение ветви камертонов.

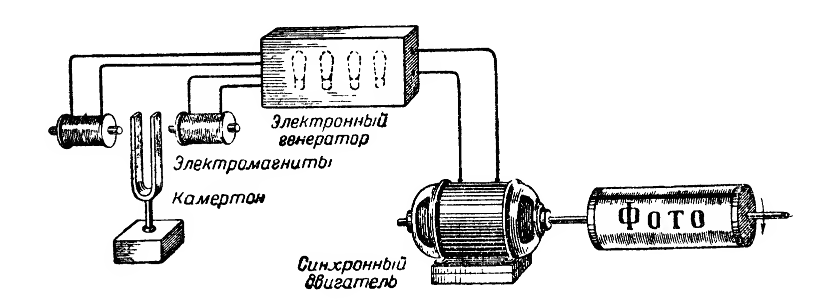


Рис. 15. Упрощённая схема камертонного генератора

Последние начинают колебаться с постоянной частотой. Колебания ветвей камертонов вызывают изменения магнитного поля между сердечниками электромагнитов и телом камертона. Магнитное поле изменяется с той же частотой, с какой колеблется камертон. Меняющееся магнитное поле вызывает появление в специальной катушке, соединённой с сеткой лампы, переменного напряжения. Это приводит к изменению тока лампы. Изменения этого тока в точности следуют за изменениями напряжения на сетке, т. е. изменения тока происходят с частотой колебаний камертона.

Изменяющийся ток лампы проходит по обмоткам электромагнитов и, в свою очередь, поддерживает непрерывные колебания камертона.

Это устройство действует совершенно автоматически: радиолампа электронного генератора периодически посылает ток в электромагниты, а камертон, в свою очередь, также периодически возбуждает радиолампу.

Таким образом, колебания камертона вызывают образование пульсирующего тока радиолампы, который, проходя через катушки, будет поддерживать регулярные колебания камертона. Так как камертон всегда колеблется с постоянной частотой, то и частота тока радиолампы также постоянна.

Так как тока одной лампы недостаточно для приведения в действие синхронного двигателя, то электронный генератор делают многоламповым. Усиленный до достаточной величины ток генератора питает синхронный двигатель.

Камертонные генераторы, состоящие из камертонов и электронных устройств, обеспечивают строгое постоянство частоты вырабатываемого ими переменного тока. Можно добиться, чтобы частоты переменного тока любой пары камертонных генераторов отличались друг от друга не более, чем на одну тысячную долю процента. Синхронность, обеспечиваемая такими камертонными генераторами, вполне достаточна для получения чёткой передачи фототелеграфных изображений.

Чтобы под влиянием изменений температуры окружающей среды камертоны не меняли своих размеров, что могло бы отрицательно сказаться на постоянстве частоты колебаний, их изготовляют из специальной хромоникелевой стали (36% никеля, 54% железа и 10% хрома) или из инвара (36% никеля и 64% железа). Камертоны из этих сортов стали не меняют частоты колебаний более чем на $\pm$ 0,001% при изменении температуры на $\pm$1°Ц.

Во избежание влияния механических сотрясений, а также изменений окружающей температуры и атмосферного давления, камертон помещают в специальный термостат. Термостат представляет собой алюминиевый ящик, наружные стенки которого покрыты мягкой обшивкой из материи, плохо проводящей тепло. Этот ящик заключён в другой алюминиевый ящик большого размера, обёрнутый толстой войлочной прокладкой. Вся эта конструкция помещена в ящик, сваренный из листовой стали, который, в свою очередь, обшит мягким теплоизолирующим материалом в виде подушек и заключён в фанерный ящик. Камертон не напрасно так заботливо оберегают от влияний окружающей среды. Чем лучше он защищён от внешних температурных и других воздействий, тем точнее работает, создавая необходимую частоту колебаний, и тем, следовательно, безупречнее работа фототелеграфных аппаратов.

В ОДНО И ТО ЖЕ ВРЕМЯ

Хотя синхронные двигатели благодаря синхронизирующим устройствам и обеспечивают одинаковую скорость вращения передающего и приёмного барабанов, но этого ещё недостаточно для правильного приёма изображения, так как есть другие причины искажений.

Представьте себе, что перед началом работы передающий и приёмный барабаны находятся в таком положении, что на передаче световое пятно от осветителя падает на верхний левый край изображения, а на приёме световое пятно от газосветовой лампы находится на середине левой стороны листа фотобумаги.

Такое взаимное расположение барабанов приведёт к тому, что передача элементов изображения начнётся с левого верхнего угла рисунка, а приём — со средней части листа фотобумаги. В этом случае принятое изображение будет искажено.

Для получения изображения без искажений необходимо, очевидно, обеспечить точное совпадение положения передающего и приёмного устройств перед началом передачи или, как говорят, обеспечить синфазность передачи и приёма.

Такое совпадение удобно проверить по плоским пружинам передающего и приёмного барабанов, закрепляющим изображение и фотобумагу. Эти пружины должны одновременно прохо-

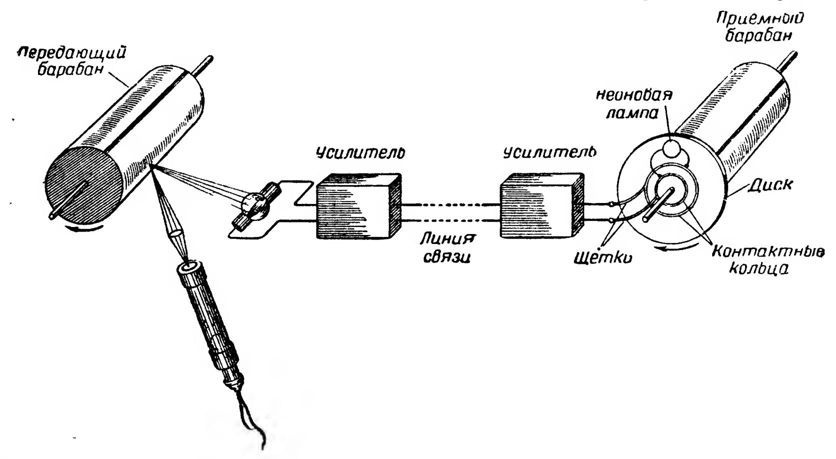


Рис. 16. Перед началом фототелеграфной передачи проверяется синфазность путём посылки в линию связи фазового импульса

дить под световыми пятнами, создаваемыми осветителем на передающем пункте и неоновой лампой на приёмном. Обеспечение синфазности осуществляется следующим образом.

Перед началом работы с передающего пункта на приёмный посылают специальные так называемые фазовые импульсы тока. за один оборот барабана посылается один такой импульс. Каж-

дый раз, когда на передающем устройстве перед осветителем проходит пружина, закрепляющая изображение на барабане, наступает интервал между фазовыми импульсами. На приёмном аппарате с той же скоростью, что и барабан, вращается диск с небольшой неоновой лампой, называемой фазовой (рис. 16). Эта лампа вспыхивает под действием приходящих фазовых импульсов и гаснет, когда наступает интервал между импульсами.

Если лампа погасает в момент прохождения пружины приёмного барабана под световым пятном, значит, передающий и приёмный аппараты находятся в одной фазе — настроены синфазно. В это время лампа находится против специального указателя на фазовом диске.

Если же фазовая лампа гаснет не в тот момент, когда она находится против указателя, а раньше или позже, то это означает, что приёмный барабан вращается либо с опережением относительно передающего, либо с отставанием. В этом случае оператор, ведущий приём фототелеграмм, регулирует скорость вращения приёмного барабана до тех пор, пока место погасания фазовой лампы не установится против указателя фазы. Когда произойдёт полное совпадение, аппараты можно считать настроенными синфазно и начинать приём изображения.

КАК ПРИНЯТЬ СРАЗУ ПОЗИТИВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ?

Мы уже говорили, что при передаче оригинала на приёмном пункте получается негативное его изображение — тёмные места изображения выходят на фотобумаге светлыми, а светлые — тёмными. Чтобы фотография совпала с оригиналом, необходимо делать отпечаток с полученного негатива.

Нельзя ли устроить так, чтобы на фотобумаге сразу получался позитив, т. е. изображение, совпадающее с переданным?

Посмотрим, что для этого нужно сделать. Мы уже знаем, что светлые места изображения отражают больше света к фотоэлементу, вызывая больший фототок, а тёмные — меньший. Поэтому яркость газосветной лампы, напряжение на которой изменяется за счёт усиленного фототока, соответствует оттенкам передаваемого изображения.

Для получения позитивного изображения, очевидно, нужно, чтобы яркость газосветной лампы была большей при передаче сигналов от тёмных участков и меньшей — при передаче сигналов от светлых участков изображения. Тогда на фотобумаге сразу получится позитив.

Это можно осуществить при помощи трёхэлектродной электронной лампы.

Вспомните, как сетка управляет анодным током лампы. При достаточно большом отрицательном потенциале на сетке все электроны, вылетающие из катода, будут отталкиваться сеткой обрат-

но и ни один из них не попадёт на анод. Следовательно, анодный ток через лампу прекратится, лампа запрётся.

Это свойство электронной лампы и используется для получения позитивного изображения.

На рис. 17 показана упрощённая схема такого устройства. Режим лампы подобран так, что увеличение тока фотоэлемента

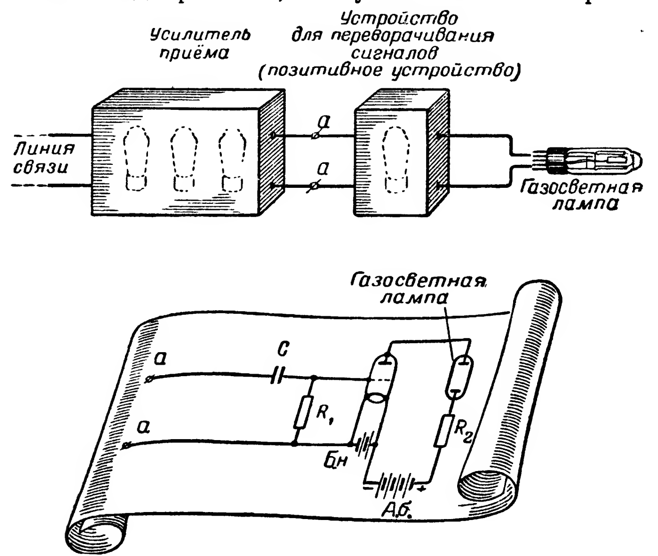


Рис. 17. Упрощённая схема „переворачивания" сигнала. R_1 — сопротивление в цепи сетки, R_2 — сопротивление нагрузки

вызывает возрастание отрицательного напряжения на сетке лампы и в результате анодный ток уменьшается. Наоборот, при уменьшении фототока отрицательное напряжение на сетке уменьшается и анодный ток возрастает.

Газосветная лампа питается анодным током радиолампы, и с каждым его изменением меняет яркость своего свечения. Как же происходит изменение её яркости? При передаче светлых мест изображения фототок велик и поэтому отрицательное напряжение на сетке большое. Значит, анодный ток электронной лампы падает, яркость газосветной лампы понижается и освещаемый ею участок фотобумаги получится после проявления светлым. При передаче же тёмного участка изображения яркость газосветной лампы увеличивается и фотобумага сильно засвечивается. Таким образом, на приёме получается сразу позитивное изображение.

БЫСТРОТА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

От чего зависит быстрота передачи изображения?

Для ответа на этот вопрос необходимо сначала несколько детальнее рассмотреть преобразование элементов изображения в

импульсы фототока. Очевидно, что чем быстрее светлое пятно будет скользить по передаваемому изображению, тем быстрее фотоэлемент «прочтёт» его, а значит, тем чаще будут изменения фототока от чередующихся светлых и тёмных элементов изображения.

С какой же частотой передаются эти изменения — импульсы фототока?

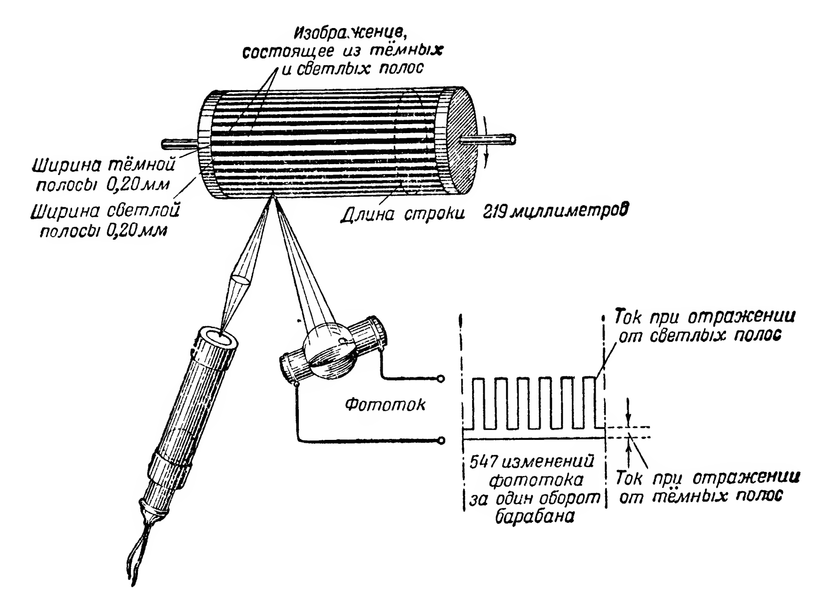


Рис. 18. Изменение фототока при „чтении" фотоэлементом изображения, состоящего из чередующихся светлых и тёмных полосок

Пусть передаётся простое изображение, состоящее из чёрных и белых полосок одинаковой ширины, чередующихся между собой (рис. 18). Для качественной передачи такого изображения ширина каждой полоски должна быть не меньше диаметра светового пятна (примерно 0,20 *мм*). При обычной ширине фототелеграфного бланка 219 *мм* по периметру барабана уложится не более $\frac{219}{0,20} = 1095$ тёмных и светлых полосок.

При пересечении световым пятном последовательно тёмной и светлой полосок возникает одно полное изменение тока в цепи фотоэлемента, а именно: возрастание тока при отражении от белой полосы и спадание при отражении от тёмной (рис. 18). За один оборот барабана в нашем примере происходит $\frac{1095}{2} = 547,5$ таких полных изменений тока.

Барабан обычно вращается со скоростью 112 оборотов в минуту (1,866 оборота в секунду), при этом частота изменений фототока получится равной $547{,}5 \times 1{,}866 = 1022$ *гц* [1]).

А как изменится частота, если полоски и зазоры между ними будут шире?

Простой расчёт показывает, что во сколько раз будет шире полоска, во столько же раз уменьшится и частота изменений фототока.

При ширине полоски 0,20 *мм* частота фототока, как мы выше выяснили, 1022 *гц*, при ширине в 1 *мм* в пять раз меньше, т. е. 204,40 *гц* (примерно 200), а при ширине в 1 *см* всего лишь 20,40 *гц* (примерно 20) и т. д.

Таким образом, при различной ширине тёмных и светлых элементов изображения частота фототока будет различной, начиная от нескольких десятков герц и кончая 1022 *гц*.

Описанный выше усилитель фототока может обеспечить без искажений усиление токов только достаточно большой частоты. При очень низких частотах усилитель создаёт сильные искажения формы кривой фототока. Мы же от широких полосок изображения получили токи с частотой всего в несколько десятков герц. Усилители, способные без искажений усиливать токи в большом диапазоне (полосе) частот, начиная от очень низких и кончая высокими, создать весьма трудно.

Попробуем увеличить частоту фототока, получаемого при освещении широких полосок, за счёт увеличения скорости вращения барабанов.

В рассмотренном примере при передаче полосок шириной в 1 *см* для получения частоты тока в 2000 *гц* пришлось бы вращать барабан со скоростью примерно 180 оборотов в секунду. Но при такой скорости вращения наибольшая частота от самых тонких линий (0,20 *мм*) будет порядка 100 000 *гц*! При столь большой частоте изменений фототока соответствующие изменения яркости (вспышки) газосветной лампы будут длиться не более $\frac{1}{100\,000}$ секунды.

Даже на очень чувствительной фотобумаге элементы изображения при таких коротких вспышках не будут успевать фотографироваться.

В фототелеграфии применяется способ увеличения частоты фототока с помощью прерывания светового потока (так называемой модуляции света), освещающего передаваемое изображение. Как показано на рис. 19, между осветителем и линзой передающего устройства помещают вращающийся диск с отверстиями. Подбирая число отверстий и скорость вращения диска, можно

---

[1]) Герц — единица измерения частоты тока, означающая один период в секунду.

прерывать свет с любой нужной частотой, которую обычно называют несущей.

Если такой периодически прерывающийся свет направить на фотоэлемент, в цепи его возникнет ток (рис. 19*а*), величина которого будет периодически изменяться от максимальной (когда

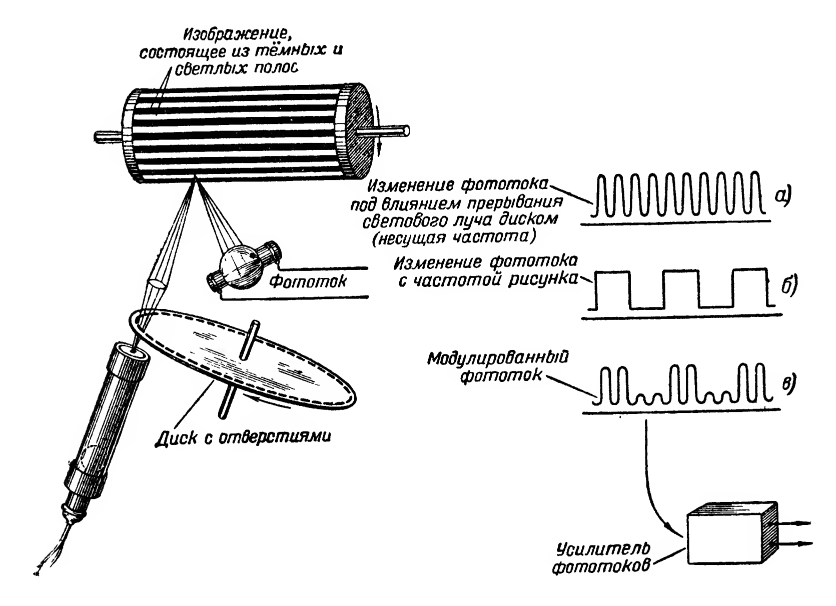


Рис. 19. Модуляция света при помощи диска. Луч света проходит через диск только тогда, когда на его пути оказывается отверстие

весь световой поток проходит в отверстие диска) до минимальной (когда вследствие поворота диска отверстие смещается и световой поток почти полностью задерживается диском).

На рис. 19*б* показано изменение фототока при освещении изображения, состоящего из чередующихся тёмных и светлых полос, причём на пути световых лучей диска нет и фототок изменяется с частотой рисунка. При отражении от светлой полосы изображения величина тока максимальная, при отражении от тёмной полосы — минимальная.

На рис. 19*в* показано изменение фототока при освещении того же изображения светом, прерываемым при помощи диска.

На рис. 19 показана упрощённая кривая изменения фототока при прерывании светового луча диском с отверстиями. На самом деле кривая фототоков получается сложной формы. Эту кривую можно представить состоящей из нескольких простых кривых. При этом оказывается, что частота тока фотоэлемента складывается с несущей частотой или вычитается из неё. В качестве

несущей обычно используется частота порядка 1 800 *гц*. Для рассмотренного выше примера мы получим следующие полосы частоты. При ширине элементов 0,20 *мм* максимальная частота будет 1 800 + 1 022 = 2 822 *гц*, а минимальная 1 800 — 1 022 = 778 *гц*; при ширине элементов 1 *мм* максимальная частота соответственно будет 1 800 + 200 = 2 000 *гц* и минимальная около 1 600 *гц*.

Мы видим, таким образом, что частоты, передаваемые по фототелеграфной линии связи, занимают определённую полосу частот в пределах от 778 *гц* до 2 822 *гц*.

В приёмном устройстве приходящие сигналы выпрямляются, и на газосветную лампу подаются лишь токи с частотами, определяемыми передаваемым изображением. Колебания несущей частоты отсеиваются. Таким образом, несущая частота осуществляет только «перенос» тока фотоэлемента, изменяющегося в зависимости от характера передаваемого изображения (поэтому она называется несущей).

Теперь вернёмся к вопросу о том, чем определяется быстрота передачи изображения. Отчасти она ограничивается чувствительностью фотобумаги. Чем выше чувствительность, тем более частые вспышки газосветной лампы можно допускать при фотографировании элементов изображения на приёмном пункте. А это значит, что быстрее можно вращать передающий и приёмный барабаны — быстрее передавать фототелеграмму.

Однако с увеличением скорости передачи увеличивается максимальная частота, которая складывается из несущей и наибольшей частоты фототока и, в конечном счёте, расширяется полоса частот, передаваемых по линии связи. Поясним сказанное следующими расчётами.

Наибольший размер фототелеграфного бланка 219×300 *мм*. Диаметр светового пятна 0,20 *мм*. Число оборотов барабана в минуту 112 (или 1,866 оборота в секунду). Максимальное число элементов, на которое разлагается изображение, будет в этом случае около полутора миллионов. Иначе говоря, в каждой строке будет 1 095 элементов, а во всём бланке 1 500 строк. Легко подсчитать, что для передачи фототелеграммы таких размеров потребуется 1 500 : 112 = 14 мин.

Мы уже подсчитывали, что при указанных условиях максимальная частота фототока равна примерно 1 022 *гц* и что при несущей частоте в 1 800 *гц* наименьшая частота будет 1 800 — — 1 022 = 778 *гц*, а наибольшая 1 800 + 1 022 = 2 822 *гц*, т. е. передаваемые по линии связи частоты займут полосу от 778 до 2 822 *гц*. Чтобы передать фототелеграмму быстрее, скажем, в три раза, нужно в три раза быстрее вращать барабан, но при этом полоса частот расширится примерно до 6 000 *гц*.

Увеличивая скорость передачи, мы вынуждены всё больше расширять полосу передаваемых частот.

Таким образом, быстрота передачи фототелеграммы в значительной степени зависит от возможности передавать по линии

связи широкую полосу частот. Однако это возможно далеко не всегда, и по ряду причин ширина полосы частот не может быть очень большой.

ФОТОТЕЛЕГРАФНЫЙ АППАРАТ

Фототелеграфная станция представляет собой сочетание двух устройств: передающего и приёмного. В передающее устройство входят: осветитель, оптическая система, модулирующее устройство, передающий барабан, фотоэлемент и усилитель.

Обычно усилитель состоит из двух частей — фотоусилителя, усиливающего фототок, и оконечного усилителя. Фотоусилитель, находящийся неподалеку от фотоэлемента, производит небольшое усиление, тогда как оконечный усилитель, расположенный на входе в линию связи, осуществляет дальнейшее усиление (в тысячи раз).

Осветителем передающего устройства является электролампа с накаливаемой вольфрамовой нитью. Для более лёгкой фокусировки лучей в световое пятно применяют так называемую точечную лампу. Нить точечной лампы свёрнута в спираль, длина которой не превышает 2,5 *мм*. При этом свечение лампы легко сосредоточить на небольшом участке, почти в одной точке.

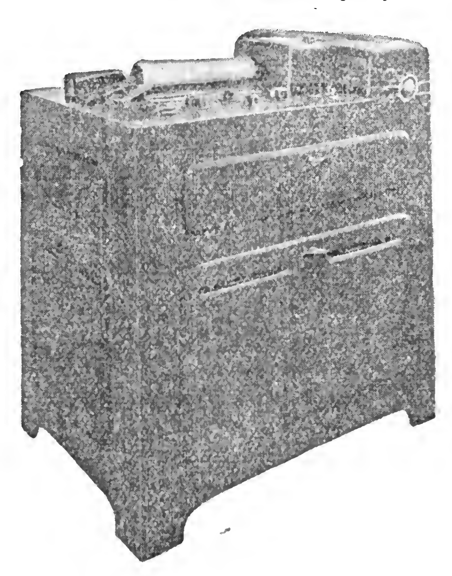


Рис. 20. Фототелеграфный аппарат

Приёмное устройство, в основном, состоит из усилителя, газосветовой лампы, оптического устройства и приёмного барабана. Последний заключён в светонепроницаемый кожух со щелью, через которую свет от газосветной лампы, изменяющийся в зависимости от приходящих с передающего пункта электрических сигналов, проникает внутрь кожуха и засвечивает фотобумагу. Светонепроницаемый кожух предохраняет бумагу от засвечивания её посторонним светом.

Внешний вид фототелеграфного аппарата показан на рис. 20.

При передаче фототелеграмм на далёкое расстояние усиление фототока при помощи усилителя фототока и оконечного усилителя оказывается всё же недостаточным, так как в проводах происходит затухание тока, уменьшение его величины. Поэтому

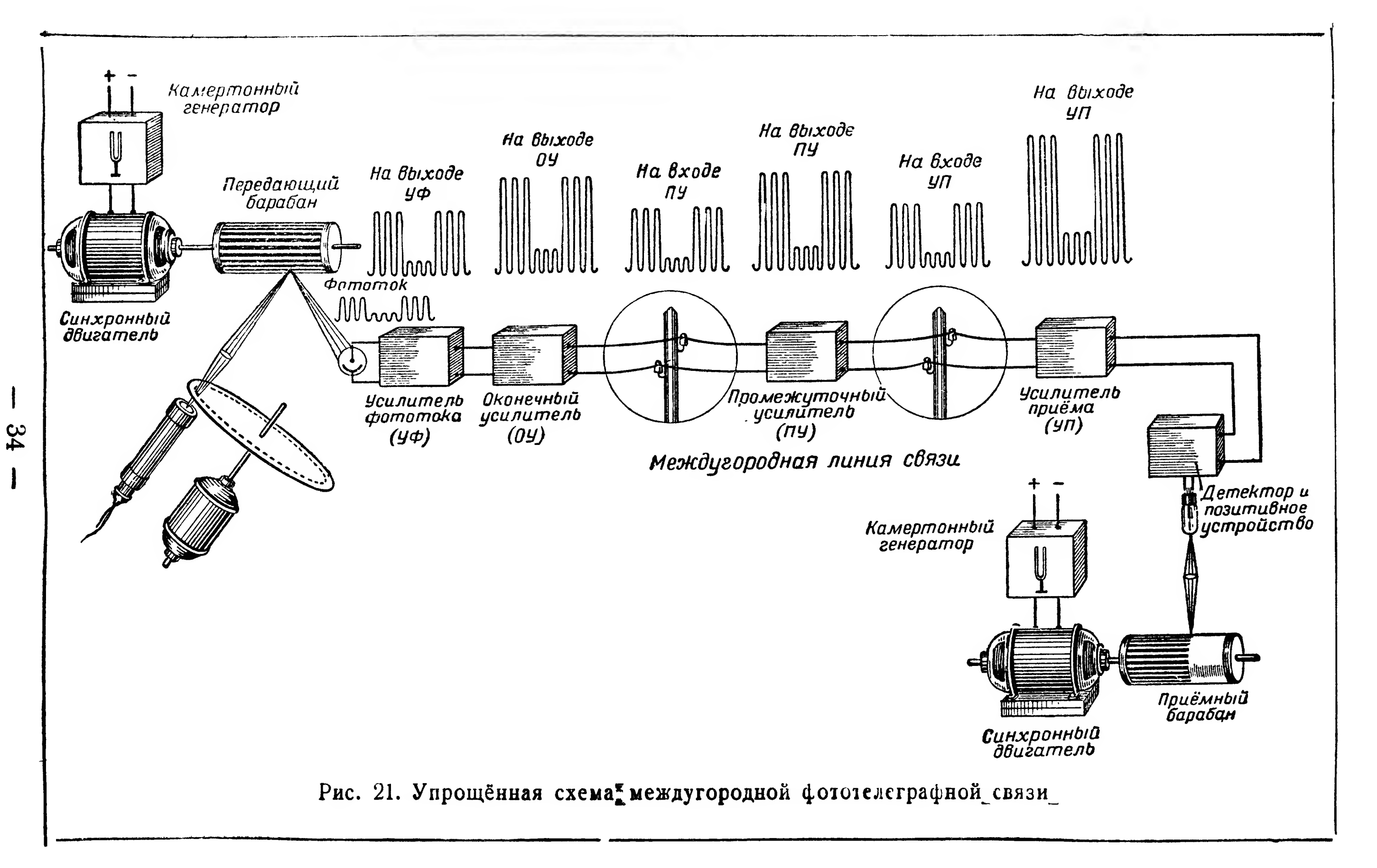


Рис. 21. Упрощённая схема междугородной фототелеграфной связи

через каждые 100—300 *км* линии ставят дополнительные усилители, которые называют промежуточными.

На рис. 21 приведена упрощённая схема фототелеграфной связи. На схеме показана односторонняя связь между одним передающим и одним приёмным пунктом. На самом деле на каждой станции имеется передающее и приёмное устройства.

ИЗОБРАЖЕНИЕ ПЕРЕДАНО ПО РАДИО

В проводной фототелеграфной связи приёмная и передающая аппаратура «привязана» к проводам. Другое дело — фототелеграфная связь по радио. Радиофототелеграфная аппаратура может быть установлена не только на неподвижных, но и на движущихся объектах. Радиофототелеграммы можно передавать не только из города в город, но и с поезда на самолёт, с корабля на сушу и так далее. Передача и приём электрических сигналов фототелеграфа по радио производится следующим образом (рис. 22).

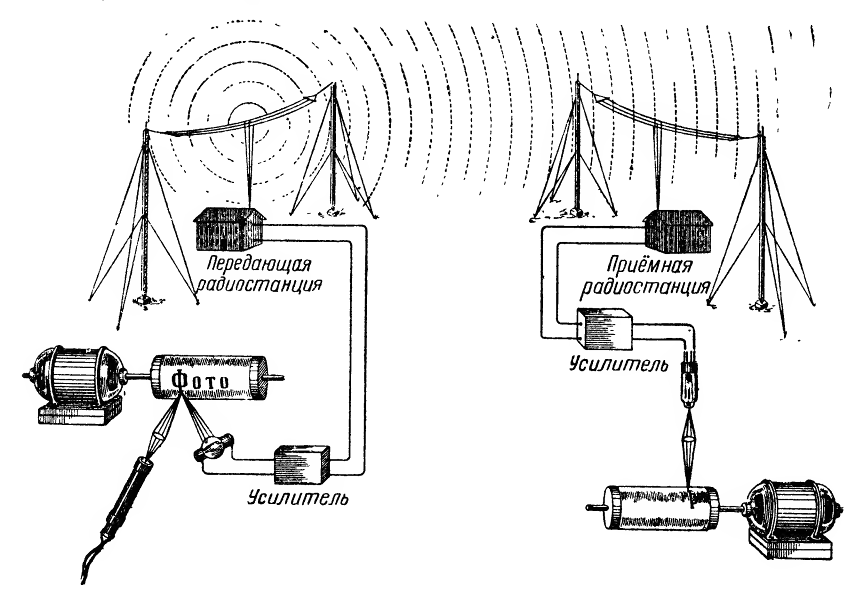


Рис. 22. Фототелеграфная связь по радио

Отражённые от передаваемого изображения световые лучи, как и в проводном фототелеграфе, попадают в фотоэлемент. Токи фотоэлемента поступают в электронный усилитель, который их усиливает до величины, достаточной для приведения в действие модулятора радиопередатчика.

Радиопередатчик вырабатывает несущую частоту, которая понесёт в пространство сигналы изображения. Модулятор накладывает на несущую частоту усиленные импульсы фотоэлемента, «читающего» изображение.

Радиоволны, промодулированные фототоком от передающей антенны, несутся в пространство со скоростью света. Мгновение — и они достигли антенны радиоприёмного устройства.

В антенне радиоприёмного устройства фототелеграфа радиоволны возбуждают точно такие же модулированные колебания, какие излучаются радиопередающей станцией, но мощность этих колебаний невелика, поэтому их сначала усиливают, а потом выпрямляют (детектируют). При детектировании несущая частота отсеивается. Она уже сыграла свою роль и более не нужна, а токи модулирующей частоты снова усиливаются.

Усиленные сигналы фотоэлемента, перенесённые несущей частотой за многие сотни и тысячи километров, поступают на световой «карандаш», который «рисует» на бланке приёмного аппарата принятое по радио изображение.

КЛЕМЕНТЬЕВ Сергей Дмитриевич

Необыкновенная телеграмма

Редактор *Н. Г. Бусанкина* Техн. редактор *Л. М. Хелемская*

Сдано в набор 26/IV 1954 г. Подписано к печати 24/VII 1954 г. Форм. бум. 60 × 92/16 2,25 печ. л. 2,35 авт. л. 2,44 уч. изд. л. Тираж 50 000 экз. Л-149360 Связьиздат, Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2 Зак. изд. 5623 Цена 75 коп.

Типография Связьиздата, Москва, ул. Кирова, 40. Зак. тип. 693

Цена 75 коп.

